

Potensi Seduhan Limbah Baglog Jamur Tiram (*Pleurotus ostreatus*) dalam Menekan Populasi *Radopholus similis* dan *Meloidogyne* spp. pada Tanah Asal Perakaran Tanaman Lada (*Piper nigrum* L)

Infusion of Oyster Mushroom (*Pleurotus ostreatus*) Baglog Waste to Suppress The Population of *Radopholus similis* and *Meloidogyne* spp. In The Rhizosphere of Pepper Plant (*Piper nigrum* L)

Ankardiansyah Pandu Pradana, Diana Putri, dan Abdul Munif.

Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680, Indonesia

Diterima 28 Agustus 2016/Disetujui 30 September 2016

Indonesia is one of the largest pepper producing countries in the world. One of the pepper-producing provinces in Indonesia is the Bangka Belitung Islands (Babel). However, the infection of *Radopholus similis* and *Meloidogyne* spp. which causes yellow disease becomes one of obstacles in pepper cultivation in Babel. Thus, alternative solution to overcome this yellow disease is by reducing the amount of nematode inoculum of *R. similis* and *Meloidogyne* spp. in soil. This study aimed to determine the effectiveness of the infusion of oyster mushrooms baglog waste enriched with molasses to control the population of *R. similis* and *Meloidogyne* spp. and to increase the population of rhizobacteria. Infusion of oyster mushrooms baglog waste was mixed with 1% of molasses and was poured into soil obtained from the pepper plant roots. The concentrations used were 10%, 20%, 30% and 50%. Population of phytonematode, rhizobacteria, proteolytic bacteria, and group of fluorescence bacteria were calculated before and 7 days after treatment. Results showed that the populations of *R. similis* and *Meloidogyne* spp. in the soil poured with the infusion of oyster mushroom baglog waste decreased by 29.11% (*R. similis*) and 24.61% (*Meloidogyne* spp.), compared to the before and control treatments. The suppression of nematode population was found to be the highest in the infusion treatment at concentration of 50%. Overall, treatment of all concentrations succeeded to increase the population of rhizobacteria, proteolytic bacteria, and group of fluorescence bacteria in soil. Moreover, the highest increase was found in soil treated with concentration of 50%. This study provided new information that the infusion application of oyster mushrooms baglog waste enriched with molasses had the potential to increase the population of rhizobacteria and suppress the amount of pathogens *R. similis* and *Meloidogyne* spp.

Key words: phytonematode, fluorescence, molasses, proteolytic, rhizobacteria

PENDAHULUAN

Lada merupakan salah satu komoditas perkebunan andalan Indonesia. Pada bulan Januari sampai dengan Juni 2016 Indonesia mengekspor lada sebanyak 15.644.053 kg dengan nilai ekspor mencapai USD 143.586.267 (Kementan 2016a). Sebagai negara pengekspor lada terbesar di dunia, Indonesia perlu memperhatikan keberlanjutan produksi lada. Pusat produksi lada di Indonesia tersebar di berbagai daerah seperti Kalimantan Barat, Kalimantan Timur, dan Kepulauan Bangka Belitung (Babel). Saat ini Babel

merupakan daerah penghasil lada terbesar di Indonesia (Kementan 2016b).

Beberapa masalah yang dialami petani lada di Babel antara lain; (1) fluktuasi harga lada, (2) gangguan organisme pengganggu tanaman (OPT), dan (3) pengembangan komoditas perkebunan lain (Mustika 2005). Salah satu akibat dari gangguan OPT pada tanaman lada adalah munculnya penyakit kuning. Penyakit kuning dapat menyebabkan kehilangan hasil panen lada. Beberapa peneliti melaporkan penyebab penyakit kuning adalah infeksi fitonematoda *Meloidogyne* spp., *Radopholus similis* (Daras & Pranowo 2009; Thuy *et al.* 2012), dan fungi *Fusarium oxysporum* (Shahnazi *et al.* 2012).

Infeksi fitonematoda menyebabkan akar tanaman

*Penulis korespondensi. Phone: +628121107021
E-mail: abdulmunif@ipb.ac.id

lada menjadi rusak, terdapat luka nekrosis dan puru (bintil). Kerusakan akar berpengaruh terhadap penyerapan air dan nutrisi dari tanah (Dropkin 1969). Terhambatnya penyerapan nutrisi menyebabkan pertumbuhan tanaman terhambat, daun menguning, selanjutnya daun dan buah menjadi gugur (Harni & Munif 2012).

Salah satu solusi untuk mengatasi penyakit kuning adalah mengurangi jumlah inokulum nematoda di tanah (Mustika 2005). Produksi siderofor dan enzim lisis (protease dan kitinase) dari rizobakteri berpotensi dimanfaatkan untuk menekan jumlah inokulum nematoda di tanah. Siddiqui *et al.* (2005) melaporkan enzim protease ekstraseluler yang diproduksi oleh *Pseudomonas fluorescens* galur CHA0 mampu menyebabkan kematian pada juvenil 2 (J2) *M. incognita*.

Limbah *baglog* jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*) merupakan salah satu bahan yang mengandung protein. Aminudi (2013) melaporkan seduhan limbah *baglog* jamur tiram basah ditambah molase tanpa aerasi berpotensi menekan populasi J2 *Meloidogyne* spp. Selain berpotensi menekan populasi J2 *M. incognita*, protein yang terkandung di dalam limbah *baglog* jamur juga berpotensi sebagai substrat bagi bakteri proteolitik (Johan 2014). Sampai saat ini belum terdapat laporan pengaruh seduhan limbah *baglog* jamur tiram terhadap populasi rizobakteri, dan pengaruhnya terhadap nematoda *R. similis*.

Penelitian ini bertujuan memperoleh informasi pengaruh aplikasi seduhan limbah *baglog* jamur tiram terhadap populasi *R. similis* dan *Meloidogyne* spp. serta populasi rizobakteri pada tanah asal tanaman lada.

BAHAN DAN METODE

Penyediaan Seduhan Limbah *Baglog* Jamur Tiram. *Baglog* jamur yang digunakan berasal dari pembudidayaan jamur tiram di daerah Ciomas, Bogor. *Baglog* jamur dicacah sampai halus, kemudian ditambah akuades dengan perbandingan 4:1, lalu direbus. Setelah direbus seduhan tersebut disaring menggunakan saringan 50 mesh untuk mendapatkan hasil seduhan yang bersih. Molase ditambahkan kedalam seduhan sebanyak 1% dari volume total. Selanjutnya seduhan limbah *baglog* jamur tiram siap digunakan untuk uji lanjut (Aminudi 2013).

Penyediaan Tanah Terinfestasi *R. similis* dan *Meloidogyne* spp. Tanah diambil dari daerah perakaran tanaman lada yang menunjukkan gejala penyakit kuning. Lokasi pengambilan tanah berada di Desa Petaling, Kecamatan Mendo Barat, Kabupaten Bangka, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Tanah diambil atas izin pemilik lahan.

Aplikasi Seduhan Limbah *Baglog* Jamur Tiram Pada Sampel Tanah. Sebanyak 200 mL sampel tanah dimasukkan ke dalam gelas plastik dengan diameter 9 cm. Selanjutnya, 50 mL seduhan limbah *baglog* jamur tiram disiram ke sampel tanah, lalu diaduk sampai seduhan merata ke seluruh bagian tanah. Konsentrasi seduhan yang diuji adalah 10%, 20%, 30%, dan 50%. Setelah disiram dengan seduhan limbah *baglog* jamur tiram, sampel tanah diinkubasi selama 1 minggu. Sebagai kontrol sampel tanah disiram menggunakan 50 mL akuades. Setiap perlakuan diulang 2 kali. Analisis populasi nematoda *R. similis*, dan *Meloidogyne* spp. serta rizobakteri dilakukan setelah masa inkubasi (Aminudi 2013).

Analisis Populasi *R. similis* dan *Meloidogyne* spp. Analisis populasi *R. similis* dan *Meloidogyne* spp. dilakukan sebelum dan sesudah aplikasi seduhan limbah *baglog* jamur tiram. Ekstraksi nematoda dari tanah dilakukan menggunakan metode flotasi-sentrifugasi. Sebanyak 200 mL tanah dicampur dengan 1500 mL air, kemudian diaduk dan dibiarkan 30 detik. Suspensi disaring menggunakan saringan bertingkat 20 mesh, 50 mesh, dan 500 mesh. Nematoda yang terdapat pada saringan 500 mesh dimasukkan ke dalam tabung sentrifugasi dengan volume 15 mL. Suspensi kemudian disentrifugasi dengan kecepatan 3000 rpm selama 5 menit. Supernatan hasil sentrifugasi dibuang, kemudian pelet yang terbentuk dicampur dengan larutan gula 40%, lalu dikocok sampai homogen. Campuran pelet dan larutan gula tersebut kemudian disentrifugasi lagi dengan kecepatan 3000 rpm selama 1 menit. Supernatan yang terbentuk disaring menggunakan saringan 500 mesh. Nematoda yang terdapat pada saringan 500 mesh dibilas menggunakan air mengalir sampai larutan gula hilang. Selanjutnya nematoda dapat diamati (Whitehead & Hemming 1965).

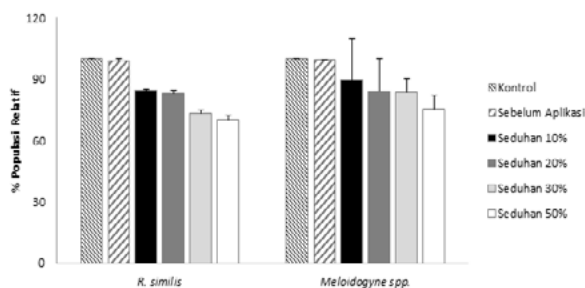
Analisis Populasi Bakteri. Populasi bakteri dianalisis sebelum dan sesudah aplikasi seduhan limbah *baglog* jamur tiram. Pengamatan dilakukan pada populasi rizobakteri, bakteri proteolitik, dan bakteri kelompok *fluorescens*.

Populasi Rizobakteri. Sebanyak 1 g tanah diambil dan dilarutkan dalam 9 mL akuades steril. Suspensi kemudian diencerkan secara bertingkat. Hasil pengenceran diambil 0.1 mL lalu ditumbuhkan pada media *nutrient agar* (NA). Pengamatan dilakukan dengan menghitung koloni bakteri yang tumbuh setelah 48 jam. Pengujian ini diulang sebanyak 2 kali (Germida & De Freitas 2007).

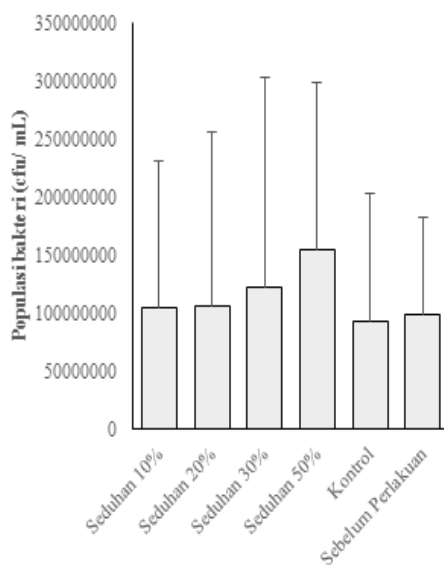
Populasi Bakteri Proteolitik. Medium uji yang digunakan adalah *skim milk agar* (SMA). Sebanyak 30 g TSB + 15 g agar-agar bakto + 900 mL akuades disterilasi menggunakan autoklaf dengan suhu 121

°C dan tekanan 15 psi (2 atm) selama 20 menit. Media tersebut kemudian didinginkan hingga suhu 40-50 °C, dan ditambahkan dengan susu skim (10 g susu skim dalam 100 mL akuades) yang disterilisasi pada suhu 110 °C selama 10 menit. Media TSA dan susu dicampur hingga rata kemudian dituang ke dalam cawan petri. Suspensi hasil pengenceran yang digunakan pada penghitungan populasi bakteri total diambil sebanyak 0.1 mL, kemudian ditumbuhkan pada media SMA. Setelah 48 jam diamati jumlah koloni bakteri yang tumbuh dan menyebabkan zona bening pada media. Pengujian ini diulang sebanyak 2 kali (Baehaki & Budiman 2011).

Populasi Bakteri Kelompok *Fluorescens*. Pengujian dilakukan pada media King's B dengan komposisi : 20 g pepton, 1.5 g K_2HPO_4 , 1.5 g $MgSO_4$, 15 mL gliserol, 15 g agar-agar bakto, dan 1000 mL akuades. Suspensi hasil pengenceran yang digunakan pada penghitungan populasi bakteri total diambil sebanyak 0.1 mL, kemudian ditumbuhkan pada media. Setelah 48 jam diamati jumlah koloni bakteri yang tumbuh dan berpendar dibawah cahaya ultra violet (360 nm) (King *et al.* 1954).

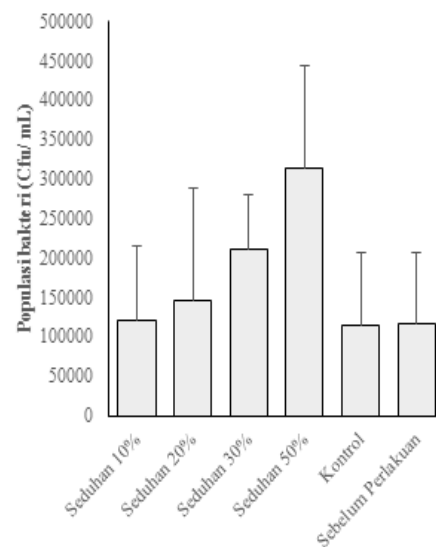


Gambar 1 Populasi *R. similis* dan *Meloidogyne* spp. pada perlakuan berbagai konsentrasi seduhan limbah *baglog* jamur tiram pada tanah asal perakaran tanaman lada

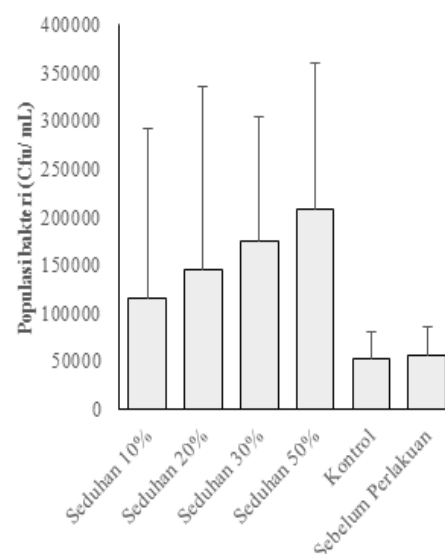


Gambar 2 Populasi rizobakteri pada perlakuan berbagai konsentrasi seduhan limbah *baglog* jamur tiram pada tanah asal perakaran tanaman lada

Populasi Rizobakteri. Peningkatan populasi rizobakteri semakin tinggi seiring dengan konsentrasi aplikasi seduhan limbah *baglog* jamur tiram. Populasi rizobakteri pada tanah kontrol dan sebelum aplikasi tidak berbeda jauh. Populasi rizobakteri pada aplikasi seduhan limbah *baglog* jamur tiram meningkat 11.74% (konsentrasi 10%), 13.88% (konsentrasi 20%), 30.89% (konsentrasi 30%), dan 65.48% (konsentrasi 50%) dibandingkan dengan kontrol (Gambar 2). Peningkatan populasi bakteri juga terjadi pada bakteri proteolitik dan bakteri dari kelompok *fluorescens*. Secara berurutan populasi bakteri proteolitik dan kelompok *fluorescens* meningkat sebesar 5.86% dan 117.5% (konsentrasi 10%), 28.44% dan 173.19% (konsentrasi 20%), 84.75% dan 229.37% (konsentrasi 30%), 175.66% dan 291.87% (konsentrasi 50%) (Gambar 3 dan 4).



Gambar 3 Populasi bakteri proteolitik pada perlakuan berbagai konsentrasi seduhan limbah *baglog* jamur tiram pada tanah asal perakaran tanaman lada



Gambar 4 Populasi bakteri kelompok *fluorescens* pada perlakuan berbagai konsentrasi seduhan limbah *baglog* jamur tiram pada tanah asal perakaran tanaman lada

HASIL

Populasi *R. similis* dan *Meloidogyne* spp.

Populasi *R. similis* dan *Meloidogyne* spp. pada tanah yang diberi aplikasi limbah *baglog* jamur tiram lebih rendah dibandingkan dengan kontrol dan sebelum aplikasi. Semakin tinggi konsentrasi seduhan yang diaplikasikan menyebabkan populasi *R. similis* dan *Meloidogyne* spp. semakin menurun (Gambar 1). Penurunan populasi *R. similis* dan *Meloidogyne* spp. secara berurutan terjadi sebesar 14.22% dan 11.02% (konsentrasi 10%), 15.81% dan 16.41% (konsentrasi 20%), 25.69% dan 16.41% (konsentrasi 30%), 29.11% dan 24.61% (konsentrasi 50%).

PEMBAHASAN

Seduhan limbah *baglog* jamur tiram telah diuji sebelumnya oleh Aminudi (2013) untuk mengendalikan nematoda puru akar (NPA) *Meloidogyne* spp. pada tomat. Aplikasi seduhan ini efektif menekan jumlah puru pada akar tanaman tomat terinfeksi NPA, dan tidak bersifat fitotoksik pada tanaman tomat. Selain keefektifannya sebagai bahan pengendali NPA pada tomat, seduhan limbah *baglog* jamur sangat potensial untuk diaplikasikan karena mudah didapat, murah, dan merupakan usaha menambah nilai manfaat dari limbah ini. *Baglog* jamur dibuat dari bahan-bahan alami sehingga kandungan bahan kimia sintetis yang terdapat di dalamnya relatif kecil (Winarni & Rahayu 2002).

Saat ini pengendalian OPT secara terpadu sangat direkomendasikan pada petani. Salah satu bentuk pengendalian yang disarankan adalah aplikasi bahan-bahan alami untuk mengurangi tingkat infeksi atau serangan OPT. Bahan alami direkomendasikan karena aman bagi lingkungan, petani, dan konsumen (Bailey & Lazarovits 2003; Ghorbani *et al.* 2008). Pada lain sisi timbulnya resistensi patogen pada aplikasi bahan alami juga relatif kecil (Tilman *et al.* 2002).

Populasi mikroba tanah baik yang bermanfaat maupun patogen akan berubah sesuai kondisi lingkungan tanah. Perubahan pH, komposisi tanah, kandungan bahan organik dan anorganik akan berpengaruh terhadap komunitas mikroba yang hidup pada suatu tanah. Hal tersebut terjadi karena mikroba memiliki bioekologi yang spesifik di suatu lingkungan (Johri *et al.* 2003; He & Yang 2007). Pernyataan di atas menunjukkan bahwa aplikasi suatu bahan yang berasal dari luar ekosistem akan berdampak pada perubahan komunitas mikroba pada ekosistem tersebut.

Rizobakteri telah dilaporkan efektif menekan inokulum *Meloidogyne* spp. Selain menekan

jumlah inokulum, rizobakteri juga menghambat penetasan telur *Meloidogyne* spp (Khan & Akram 2000; Siddiqui & Akhtar 2009). Beberapa spesies rizobakteri yang dilaporkan efektif sebagai agens biokontrol terhadap *Meloidogyne* spp. adalah *Pseudomonas putida*, *P. alcaligenes*, *Paenibacillus polymyxa*, dan *Bacillus pumilus*. Mekanisme rizobakteri dalam mengendalikan nematoda patogen adalah dengan produksi senyawa sianida dan enzim lisis (Siddiqui *et al.* 2007).

Seduhan limbah *baglog* jamur tiram memiliki nutrisi yang dibutuhkan oleh mikroba seperti fungi dan bakteri untuk bertahan hidup. Nutrisi tersebut berasal dari *baglog* jamur tiram yang tersusun atas beberapa bahan organik, dan molase yang ditambahkan pada seduhan (Johan 2014). Molase merupakan produk sampingan dari pengolahan tebu menjadi gula. Meskipun molase sebagai produk samping dari pembuatan gula, namun molase masih memiliki 55.37% total gula, 30.62% sukrosa, 3.89% protein, 20.33% air, dan 13.09% abu (Rahmasari 2001). Populasi mikroba di rizosfer tanaman lada semakin meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi seduhan limbah *baglog* jamur tiram yang diaplikasikan. Semakin tinggi konsentrasi seduhan yang diaplikasikan pada rizosfer tanaman lada, maka nutrisi yang terkandung juga semakin tinggi, sehingga mendukung bagi perkembangan mikroba. Populasi mikroba tanah yang semakin meningkat diduga menjadi penyebab menurunnya populasi fitonematoda pada tanah yang sama.

Enzim protease yang dihasilkan oleh bakteri proteolitik mampu menyebabkan kematian juvenil 2 nematoda puru akar. Selain menyebabkan kematian enzim protease juga menyebabkan telur *Meloidogyne* tidak dapat menetas. Salah satu penyusun dinding sel nematoda adalah protein. Keberadaan enzim protease dapat menyebabkan degradasi dinding sel nematoda (Bonants *et al.* 1995; Sela *et al.* 1998; Siddiqui *et al.* 2005). Protease adalah enzim yang mampu memutus ikatan peptida protein. Terdapat dua jenis protease, yaitu endopeptidase dan eksopeptidase (Nishimura *et al.* 1983).

Tanah yang diberi perlakuan dengan seduhan limbah *baglog* jamur tiram mengandung bakteri lebih banyak dibandingkan dengan kontrol dan sebelum perlakuan. Seduhan limbah *baglog* jamur tiram dicampur menggunakan molase. Molase memiliki struktur kimia yang lebih sederhana bila dibandingkan dengan selulosa dan lignin. Meskipun molase memiliki nisbah C/N yang tinggi, molase tergolong bahan yang mudah untuk didekomposisi oleh mikroba (Rahmasari 2001).

Bakteri proteolitik adalah bakteri yang

memproduksi enzim protease ekstraseluler. Setiap bakteri di alam sebenarnya mampu memproduksi enzim protease, namun tidak semua bakteri mengeluarkan enzim tersebut ke luar sel (Olajuyigbe & Ajele 2005). Enzim protease dapat memecah protein menjadi senyawa yang lebih sederhana. Protein memiliki struktur yang lebih kompleks dibandingkan dengan beberapa senyawa lain. Hal ini menyebabkan protein lebih sulit terpecah menjadi senyawa yang lebih sederhana di alam. Meskipun demikian, kehadiran bakteri proteolitik mampu mempercepat proses pemecahan protein menjadi senyawa yang lebih sederhana (Bloemberg & Lugtenberg 2001; Lugtenberg & Kamilova 2009).

Selain populasi rizobakteri dan bakteri proteolitik, bakteri dari golongan *fluorescens* juga diketahui meningkat populasinya seiring peningkatan perlakuan konsentrasi seduhan *baglog*. Beberapa spesies bakteri dari golongan *fluorescens* dilaporkan memiliki kemampuan sebagai agens biokontrol. Meningkatnya kelompok bakteri *fluorescens* juga dipengaruhi oleh meningkatnya populasi rizobakteri secara keseluruhan (Turnbull *et al.* 2001).

Penelitian ini memberikan informasi baru bahwa seduhan limbah *baglog* jamur tiram yang diperkaya dengan molase berpotensi mengendalikan nematoda *R. similis* dan *Meloidogyne* spp., juga meningkatkan populasi rizobakteri, bakteri proteolitik, dan bakteri kelompok *fluorescens*. Aplikasi pada konsentrasi 50% menunjukkan performa terbaik dibandingkan dengan konsentrasi lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [Kementan] Kementerian Pertanian Republik Indonesia. 2016a. Basis data ekspor-impor komoditi pertanian [internet]. [diunduh 25 Agustus 2016]. Tersedia pada: <http://database.pertanian.go.id/eksim/index1.asp>.
- [Kementan] Kementerian Pertanian Republik Indonesia. 2016b. Basis data statistik pertanian [internet]. [diunduh 25 Agustus 2016]. Tersedia pada: <https://aplikasi.pertanian.go.id/bdsp/index.asp>.
- Aminudi. 2013. Potensi seduhan limbah *baglog* jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*) untuk pengendalian *Meloidogyne* spp. pada tanaman tomat [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Baehaki A, Budiman A. 2011. Isolasi dan karakterisasi protease dari bakteri tanah rawa Indralaya, Sumatera Selatan. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. 22(1):37-42.
- Bailey K, Lazarovits G. 2003. Suppressing soil-borne diseases with residue management and organic amendments. *Soil and Tillage Research*. 72(2):169-180. Doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0167-1987\(03\)00086-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0167-1987(03)00086-2).
- Bloemberg GV, Lugtenberg BJ. 2001. Molecular basis of plant growth promotion and biocontrol by rhizobacteria. *Current Opinion in Plant Biology*. 4(4):343-350. Doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S1369-5266\(00\)00183-7](http://dx.doi.org/10.1016/S1369-5266(00)00183-7).
- Bonants PJ, Fitters PF, Thijs H, den Belder E, Waalwijk C, Henfling JWD. 1995. A basic serine protease from *Paecilomyces lilacinus* with biological activity against *Meloidogyne hapla* eggs. *Microbiology*. 141(4):775-784. Doi: <http://dx.doi.org/10.1099/13500872-141-4-775>.
- Daras U, Pranowo D. 2009. Kondisi kritis lada putih Bangka Belitung dan alternatif pemulihannya. *Jurnal Litbang Pertanian* 28(1):1-6.
- Dropkin VH. 1969. Cellular responses of plants to nematode infections. *Annual Review of Phytopathology* 7(1):101-122. Doi: <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.py.07.090169.000533>.
- Germida J, De Freitas J. 2007. Cultural methods for soil and root-associated microorganisms. Soil Sampling and Methods of Analysis. Di dalam: Carter MR, Gregorich EG, editor. *Soil Sampling and Methods of Analysis Second Edition*. Boca Raton (USA): Taylor and Francis Group. hlm 341-353.
- Ghorbani R, Wilcockson S, Koocheki A, Leifert C. 2008. Soil management for sustainable crop disease control: a review. *Environmental Chemistry Letters*. 6(3):149-162. Doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s10311-008-0147-0>.
- Harni R, Munif A. 2012. Pemanfaatan agens hayati endofit untuk mengendalikan penyakit kuning pada tanaman lada. *Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar*. 3(3):201-206.
- He Z-l, Yang X-e. 2007. Role of soil rhizobacteria in phytoremediation of heavy metal contaminated soils. *Journal of Zhejiang University Science B*. 8(3):192-207. Doi: <http://dx.doi.org/10.1631/jzus.2007.B0192>.
- Johan M. 2014. Kandungan nutrisi *baglog* jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus*) sebagai bahan pakan ternak pada masa inkubasi yang berbeda [Skripsi]. Makassar (ID): Universitas Hasanuddin.
- Johri BN, Sharma A, Virdi J. 2003. Rhizobacterial diversity in India and its influence on soil and plant health. Di dalam: Ghose TK, Ghosh P, editor. *Biotechnology in India I*. Berlin (DE): Springer. hlm 49-89.
- Khan M, Akram M. 2000. Effects of certain antagonistic fungi and rhizobacteria on wilt disease complex of tomato caused by *Meloidogyne incognita* and *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. *Nematologia Mediterranea*. 28(2):139-144.
- King EO, Ward MK, Raney DE. 1954. Two simple media for the demonstration of pyocyanin and fluorescin. *The Journal of Laboratory and Clinical Medicine*. 44(2):301-307.
- Kusuma W. 2014. Kandungan nitrogen (N), fosfor (P) dan kalium (K) limbah *baglog* jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*) dan jamur kuping (*Auricularia auricula*) guna pemanfaatannya sebagai pupuk [skripsi]. Makassar (ID): Universitas Hasanuddin.
- Lugtenberg B, Kamilova F. 2009. Plant-growth-promoting rhizobacteria. *Annual Review of Microbiology*. 63:541-556. Doi: <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.micro.62.081307.162918>.
- Mustika I. 2005. *Penyakit Kuning Pada Tanaman Lada Dan Cara Pengendaliannya*. Bogor (ID): Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat. hlm 77-98.
- Nishimura K, Kawamura Y, Matoba T, Yonezawa D. 1983. Classification of proteases in Antarctic krill. *Agricultural and Biological Chemistry*. 47(11):2577-2583. Doi: <http://dx.doi.org/10.1271/abb1961.47.2577>.
- Olajuyigbe FM, Ajele JO. 2005. Production dynamics of extracellular protease from *Bacillus* species. *African Journal of Biotechnology*. 4(8):776-779.
- Rahmasari D. 2001. Mempelajari proses pemurnian molases dengan metoda koagulasi [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Sela S, Schickler H, Chet I, Spiegel Y. 1998. Purification and characterization of a *Bacillus cereus* collagenolytic/proteolytic enzyme and its effect on *Meloidogyne javanica* cuticular

- proteins. *European Journal of Plant Pathology*. 104(1):59-67. Doi: <http://dx.doi.org/10.1023/A:1008643414691>.
- Shahnazi S, Meon S, Vadamalai G, Ahmad K, Nejat N. 2012. Morphological and molecular characterization of *Fusarium* spp. associated with yellowing disease of black pepper (*Piper nigrum* L.) in Malaysia. *Journal of General Plant Pathology*. 78(3):160-169. Doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s10327-012-0379-5>.
- Siddiqui IA, Haas D, Heeb S. 2005. Extracellular protease of *Pseudomonas fluorescens* CHA0, a biocontrol factor with activity against the root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. *Applied and Environmental Microbiology*. 71(9):5646-5649. Doi: <http://dx.doi.org/10.1128/AEM.71.9.5646-5649.2005>.
- Siddiqui ZA, Akhtar MS. 2009. Effect of plant growth promoting rhizobacteria, nematode parasitic fungi and root-nodule bacterium on root-knot nematodes *Meloidogyne javanica* and growth of chickpea. *Biocontrol Science and Technology*. 19(5):511-521. Doi: <http://dx.doi.org/10.1080/09583150902887792>.
- Siddiqui ZA, Baghel G, Akhtar M. 2007. Biocontrol of *Meloidogyne javanica* by *Rhizobium* and plant growth-promoting rhizobacteria on lentil. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 23(3):435-441. Doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s11274-006-9244-z>.
- Thuy T, Yen N, Tuyet N, Te L, De Waele D. 2012. Plant-parasitic nematodes and yellowing of leaves associated with black pepper plants in Vietnam. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*. 45(10):1183-1200.
- Tilman D, Cassman KG, Matson PA, Naylor R, Polasky S. 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*. 418(6898):671-677. Doi: <http://dx.doi.org/10.1038/nature01014>.
- Turnbull GA, Morgan JAW, Whipps JM, Saunders JR. 2001. The role of bacterial motility in the survival and spread of *Pseudomonas fluorescens* in soil and in the attachment and colonisation of wheat roots. *FEMS Microbiology Ecology*. 36(1):21-31. Doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1574-6941.2001.tb00822.x>.
- Whitehead A, Hemming J. 1965. A comparison of some quantitative methods of extracting small vermiform nematodes from soil. *Annals of Applied Biology*. 55(1):25-38. Doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1744-7348.1965.tb07864.x>.
- Winarni I, Rahayu U. 2002. Pengaruh formulasi media tanam dengan bahan dasar sberbuk gergaji terhadap produksi jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus*). *Jurnal Matematika, Sains, dan Teknologi*. 3(2):20-27.